

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-001679

(43)Date of publication of application : 08.01.2004

(51)Int.Cl.

B62D 5/04

F16H 19/04

(21)Application number : 2002-351753

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 03.12.2002

(72)Inventor : ABE MANABU
CHIKARAISHI KAZUO

(30)Priority

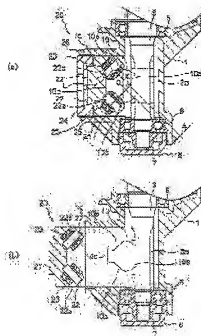
Priority number : 2001402292
2002117738Priority date : 03.12.2001
19.04.2002Priority country : JP
JP

(54) ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(51)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electric power steering device capable of restraining torsion of a rack shaft and capable of supporting the rack shaft at low friction.

SOLUTION: This electric power steering device capable of outputting auxiliary steering force by an electric motor is provided with a housing 1, a rack tooth 10a, the rack shaft 10 movable with respect to the housing 1, a pinion tooth 3a meshed with the rack tooth 10a, an output shaft 3 for transmitting the steering force from a steering wheel to the rack shaft 10, and a support device 20 provided in the housing 1 and supporting the rack shaft 10. The rack shaft 10 is provided with a support device guiding surface extending along a longitudinal direction, namely a rolling surface 10b on at least two portions on an outer peripheral surfaces. The support device 20 is provided with a cylindrical roller 23 pressing and rolling on the respective rolling surfaces 10b along directions crossing to each other when the rack shaft 10 is seen along the longitudinal direction.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-1679

(P2004-1679A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int. Cl. 7

B62D 5/04

F16H 19/04

F1

B62D 5/04

F16H 19/04

テーマコード (参考)

3D033

3J062

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2002-351753 (P2002-351753)
 (22) 出願日 平成14年12月3日 (2002.12.3)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-402292 (P2001-402292)
 (32) 優先日 平成13年12月3日 (2001.12.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-117738 (P2002-117738)
 (32) 優先日 平成14年4月19日 (2002.4.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 00004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
 (74) 代理人 100107272
 弁理士 田村 敬二郎
 100109146
 弁理士 小林 研一
 (72) 発明者 阿部 学
 群馬県前橋市総社町一丁目 8 番 1 号 日本
 精工株式会社内
 (72) 発明者 力石 一穂
 群馬県前橋市総社町一丁目 8 番 1 号 日本
 精工株式会社内
 Fターム (参考) 3D033 CA02 CA04
 3J062 AA01 AB05 AC07 CA15

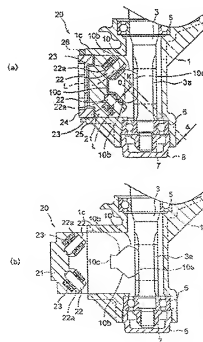
(54) 【発明の名称】 電動式パワーステアリング装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ラック軸のねじれを抑制し、低摩擦の支持を行える電動式パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 電動モータにより補助駆動力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジング 1 と、ラック歯 10 a を備え、ハウジング 1 に対して移動自在となっているラック軸 10 と、ラック歯 10 a に啮合するピニオン歯 3 a を備え、ステアリングホイールからの操作力をラック軸 10 に伝達する出力軸 3 と、ハウジング 1 に設けられ、ラック軸 10 を支持する支持装置 20 とを有し、ラック軸 10 は、外周面の少なくとも 2 カ所に長手方向に延在する支持装置案内面すなわち転動面 10 b、10 b を有し、支持装置 20 は、ラック軸 10 を長手方向に見た場合において、各転動面 10 b、10 b を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する円筒ローラ 23 を有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、

前記ラック軸の軸線と、前記ピニオンの軸線とは、90度以外の角度で交差しており、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、

10

前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する回転体を有し、前記回転体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていることを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 2】

電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯とネジ部を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置と、

前記電動モータの回転力を前記ネジ部に噛合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換する変換部材とを有し、

前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、

20

前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する回転体を備え、前記回転体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていることを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

30

【請求項 3】

電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、

前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、

40

前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する回転体と、一端を前記ハウジングに対して揺動自在に支承され且つ前記回転体を回転自在に支持する軸部材と、前記軸部材の他端を付勢することで、前記回転体を前記ラック軸の支持装置案内面に向かって押圧するようにしている付勢手段とを有することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記付勢手段は、各軸部材の他端に当接する押圧部と、前記押圧部を弾性的に付勢する弾性部材とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の電動式パワーステアリング装置。

50

【請求項5】

前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときには、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていることを特徴とする請求項3又は4のいずれかに記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項6】

前記ラック軸は、前記転動体の位置を規制する位置規制部を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項7】

前記転動体の少なくとも一方の端面に、外向きの円錐面を形成したことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項8】

前記支持装置の、少なくとも前記転動体を支持する部位は、型転写加工により形成されることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の電動式パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電動式パワーステアリング装置に関し、特にラック軸とピニオンとを備えた電動式パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

車両のステアリング装置のタイプとして、ラック軸のラック歯にピニオンを啖合させることで、ピニオンの回転力と回転量（操舵馬力）をラック軸の軸線方向推力とストロークに変換するラックアンドピニオン式ステアリング装置が知られている。ここで、比較的車重の軽い車両においては、補助操舵力を出力しない、いわゆるマニュアルステアリング装置に、ラックアンドピニオン式ステアリング装置を組み込んだ構成を用いる場合がある。かかる場合、運転者の操舵によってのみ、操舵輪を駆動しなければならないことから、ピニオン1回転当たりのストローク量（ストロークレシオ）を小さくして、操舵トルクを軽減し、反面、操舵量を多くするように設定されている。更に、ラックを保持するラック保持機構においては、ラック軸の背面（ラック歯面側と反対側）を保持する保持部に、単一のローラ等で回転支持する転がり式ラックガイド（図3に示すごとく、ピニオン53とラック軸60の係合を確保するように単一ローラ73の円弧面73aをラック軸60の背面円筒面に押し当てたタイプ）を設ける等、伝達効率を向上させ、操舵トルクの低減を図っている。

【0003】

一方、比較的車重の重い車両においては、操舵馬力低減のため、一般的には、補助操舵力を出力する、いわゆるパワーステアリング装置を設ける必要がある。ここで、パワーステアリング装置には、大きく分けて、油圧式パワーステアリング装置と電動式パワーステアリング装置とがある。油圧式パワーステアリング装置は、運転者のステアリングホイールに加えられる操舵トルクに応じて、ピニオン軸上に設けられたコントロールバルブによって油圧を発生させ、ラック軸上に設けた油圧シリンダに油圧を作用させることで、ラック軸の移動方向に直接推力を発生させる。従って、運転者がステアリングホイールに加える操舵トルクは、コントロールバルブを動作させるに必要な小さいもので十分であり、更に操舵量をも軽減するために、マニュアルステアリング装置よりも大きなストロークレシオとされている。よって、ラックアンドピニオン装置を介して、ラック軸に伝達されるトルクは極めて小さいので、伝達効率が多少悪化しても、運転者の操舵を阻害しないので、ラックを保持するラック保持機構においては、転がり式ラックガイドよりも安価な滑動式ラックガイドを用いている（特許文献1、2参照）。

【特許文献1】

実開昭61-18976号公報

【特許文献2】

10

20

30

40

50

実開昭61-124471号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

これに対し、電動式パワーステアリング装置は、ステアリングホイールに加えられる操舵トルクに応じて、電動モータにより補助操舵力を操舵軸やラック軸に出力するものであり、油圧式パワーステアリング装置に比較して、油圧ポンプ、油圧配管、作動油タンクなどを必要としないなど、コンパクトな構成を有する等の優れた特徴があり、当初は軽自動車などの軽量な車両に採用されていたが、近年は車重の重い車両にも適用されるようになってきている。ここで、電動式パワーステアリング装置は、ステアリングコラムに電動モータを取り付けることで、ステアリングシャフトに直接補助操舵力を出力する、いわゆるコラムアシストタイプの電動式パワーステアリング装置や、ラックアンドピニオン装置に電動モータを取り付けることで、ピニオン軸に直接補助操舵力を出力する、いわゆるピニオンアシスト式の電動式パワーステアリング装置がある。後者のタイプの電動式パワーステアリング装置によれば、電動モータの補助操舵力が付加された強大な力が、ピニオンとラック軸のラック歯との間で伝達されることとなる。

【0005】

更に、比較的車重が重い車両においては、ピニオンとラック軸のラック歯との間における、マニュアルステアリング装置や油圧式パワーステアリング装置より遙かに大きい強大な力の伝達が定常化するので、ピニオンもしくはラック歯に作用する曲げ応力や面圧が増大する。これに対し、それらの圧力角やネジレ角を大きくすることで、曲げ応力や面圧を低下させることはできる。特に、比較的小容量の電動モータの出力でも補助操舵力をまかなえるように、ラック歯の中央部付近のストロークレシオを大きくし、両端部ではストロークレシオを小さくした可変ストロークレシオタイプのラックアンドピニオン式ステアリング装置においては、通常の走行で最も使用頻度の高いラック歯中央付近の圧力角は、更に大きくなる傾向にある。

【0006】

ここで、ピニオンとラック軸のラック歯との間で強大な力の伝達がなされると、ピニオンからラックを離隔させようとする離隔力も増大する。又、圧力角が増大すると、かかる離隔力は更に増大する。例えば、マニュアルステアリング装置或いは油圧式パワーステアリング装置の場合、一般的には、圧力角は20度程度であり、電動式パワーステアリング装置においては、ストロークレシオ一定タイプのラックアンドピニオン式ステアリング装置を適用した場合でも、圧力角は30度程度、可変ストロークレシオタイプのラックアンドピニオン式ステアリング装置を適用した場合は、圧力角は45度に達する。単純計算では、同一ラック推力の場合に、可変ストロークレシオタイプのラックアンドピニオン式ステアリング装置を適用した電動式パワーステアリング装置は、マニュアルステアリング装置に比べ、 $\tan 45^\circ / \tan 20^\circ = 2.75$ 倍、油圧式パワーステアリング装置と比較した場合では、油圧アシストによる運転者の操舵トルクの増幅率を約10倍とすると、実に $10 \times 2.75 = 27.5$ 倍の離隔力を受けることとなる。

【0007】

しかるに、かかる離隔力を受けるとした場合、ラック軸の背面を支持するのに滑りガイドを用いては摩擦力が増大し、操舵力伝達効率が低下する。すなわち、マニュアルステアリング装置或いは油圧式パワーステアリング装置では、ラック軸の支持は、滑りガイドで足りるが、電動式パワーステアリング装置では、滑りガイドに代わる、より摩擦力が小さなラック支持装置が必要になるということになる。

【0008】

更に、電動式パワーステアリング装置においては、以上の離隔力増大に起因する問題の他に、ラック軸のラック歯のねじれ角に起因した問題もある。すなわち、ねじれ角が増大すると、ラック軸をその軸線周りに回転させる回転力も増大し、ラック歯とピニオンとの片当たりによるピニオン、ラック歯の摩擦、作動トルクの増大等の不具合を招来する。特に、ラック軸の周囲に電動モータを配置して、ボールネジとナットを含むボールネジ機構な

10

20

30

40

50

どを用いてラック軸に推力を与える、いわゆるラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置の場合には、ナット等の反力により更にラック軸がねじられ、ラック歯とピニオンとの片当たりはより顕著となる。しかるに、このようなラック軸のねじれは、従来の転がり式ラックガイドで適切に支持することができないという問題がある。

【0009】

本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑み、ラック軸のねじれを抑制し、低摩擦の支持を行える電動式パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1の本発明の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、

前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、

前記ラック軸の軸線と、前記ピニオンの軸線とは、90度以外の角度で交差しており、

前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、

前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する回転体を有し、前記回転体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていることを特徴とする。

【0011】

第2の本発明の電動式パワーステアリング装置は、

電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯とネジ部を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、

前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置と、

前記電動モータの回転力を前記ネジ部に噛合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換する変換部材とを有し、

前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、

前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する回転体を有し、前記回転体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていることを特徴とする。

【0012】

第3の本発明の電動式パワーステアリング装置は、

電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、

ハウジングと、

ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、

前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、

10

20

30

40

50

前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体と、一端を前記ハウジングに対して揺動自在に支承され且つ前記転動体を回転自在に支持する軸部材と、前記軸部材の他端を付勢することで、前記転動体を前記ラック軸の支持装置案内面に向かって押圧するようにしている付勢手段とを有することを特徴とする。

【0013】

【作用】

第1の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出し可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、前記ラック軸の軸線と、前記ピニオンの軸線とは、90度以外の角度で交差しており、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体を有し、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしているもので、前記転動体により前記ラック軸を低摩擦で支持できると共に、前記ラック軸の外周面に設けられた支持装置案内面を、前記転動体で押圧することで、異なる2方向から前記ラック軸の支持を行うことができ、従って、ラック軸の軸線とピニオンの軸線とが90度以外の角度で交差することにより、動作時に回転トルクが発生するラック軸を支持するのに好適な構成となっている。又、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心よりシフト（オフセット）しているもので、ラック軸の回転を阻止し円滑な噛合を維持出来、かつ前記押圧力の合力により、安定した状態で前記ラック歯を前記ピニオン歯に対して押圧することができる。尚、ラック軸の軸線とは、ラック軸の長手方向直角断面の中心を通過する線（たとえば円筒状の素材からラック軸を形成する場合、元の素材の軸線）をいう。

【0014】

ところで、いわゆるラックアシスト式電動式パワーステアリング装置のあるタイプにおいては、ボールスクリュウとナットとを用いて、電動モータの回転力をラック軸の軸線方向推力に変化するものがある。かかるタイプのラックアシスト式電動式パワーステアリング装置においては、ナットの回転反力により、本来的にラック軸の軸線周りに回転トルクが生じることとなる。

【0015】

これに対し、第2の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出し可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯とネジ部を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に噛合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置と、前記電動モータの回転力を前記ネジ部に螺合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換する変換部材とを有し、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体を有し、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしているもので、前記電動モータの回転力を前記ネジ部に螺合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換するため、動作時に本来的に生じるラック軸の軸線周りの回転トルクを、前記支持装置案内面に異なる方向から当接する前記転動体により受けるこ

10

20

30

40

50

とができ、よって前記ラック軸の円滑な軸線方向移動を確保しつつ、適切に支持することができる。すなわち、シフトした前記転動体がなければ、ラック軸の軸線周りの回転トルクを受けることができないのである。

【0015】

ところで、上述した第1の本発明のごとく、前記転動体を複数設けることを考えると、転動体個々に、前記支持装置案内面を押圧する押圧力を調整することが必要となる。

【0017】

これに対し、第3の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に啮合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら回転する転動体と、一端を前記ハウジングに対して揺動自在に支承され且つ前記転動体を回転自在に支持する軸部材と、前記軸部材の他端を付勢すること、前記転動体を前記ラック軸の支持装置案内面に向かって押圧するようにしている付勢手段とを有するで、前記付勢手段により、前記他端のみを適切な押圧力で付勢することにより、前記転動体を揺動させながら前記支持装置案内面に対して押圧させることができるため、簡素な構成で円滑な動作を確保できる。

【0018】

特に、前記付勢手段は、各軸部材の他端に当接する押圧部と、前記押圧部を弾性的に付勢する弾性部材を有すれば、例えば単一の前記押圧部を用いて各軸部材の付勢を一度に行うことができ、しかも、前記弾性部材による弾性力を用いることであり、前記転動体と前記支持装置案内面との間等に摩擦などが生じて安定した付勢力を供給できる。

【0019】

更に、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしていると好ましい。

【0020】

又、前記ラック軸は、前記転動体の位置を規制する位置規制部を有すると好ましい。

【0021】

更に、前記転動体の少なくとも一方の端面に、外向きの円錐面を形成すると好ましい。

【0022】

又、前記支持装置の、少なくとも前記転動体を支持する部位は、型転写加工により形成されると好ましい。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、第1の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の断面図であり、図1(a)は支持装置を組み付けた状態を示し、図1(b)は支持装置を分解した状態を示しているが、理解しやすいように各部位の断面を組み合わせで示している（以下、同様な断面において同じ）。

【0024】

図1において、ハウジング1内を延在する出力軸（ピニオン）3は、不図示のステアリングシャフトに連結され、且つ軸受5、6によりハウジング1に対して回転自在に支承されている。軸受6の内輪は、ナット7により出力軸3の端部に固定され、軸受6の外輪は、固定部材8の啮合によりハウジング1に対して取り付けられている。

【0025】

ハウジング1は、ラック軸10の周囲から図で左方に延在する中空柱部1cを形成している。中空柱部1c内には、支持装置20が配置されている。支持装置20は、略円筒状の

10

20

30

40

50

本体 21 と、本体 21 の袋孔内に取り付けられた 2 本の軸 22 と、各軸 22 に対して取り付けられた転動体である円筒ローラ 23 と、本体 21 を中空柱部 1c に取り付けられるためのネジ部材 24 と、ネジ部材 24 と本体 21 との間に配置され、本体 21 をラック軸 10 側に付勢するための皿バネ 25 と、ネジ部材 24 のロック部材 26 とからなる。ネジ部材 24 のねじ込み量を調整することで、皿バネ 25 の圧縮量が変わり、ラック軸 10 の押圧力を調整することができる。調整後には、ロック部材 26 でネジ部材 24 をロック固定しその緩み止めることができる。ラック軸 10 のラック歯 10a と反対側の面（背面という）は、その断面において、図 1 で左上部及び左下部が切り欠かれた形状となっており、ここに、それぞれ長手方向に延在する 2 つの転動面（すなわち長手方向に延在する支持装置案内面）10b、10b が形成され、その間に隆起部 10c が形成されている。転動面 10b、10b は、ラック軸 10 の断面でその中心に対して対称に配置されている。ラック軸 10 の軸線は、ピニオン 3 の軸線に対して 90 度以外の角度で交差している。尚、ラック軸 10 は、素材としての丸棒に機械加工や冷間成形を施してラック歯 10a を形成する。ラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置の場合、素材としての丸棒の外周面にネジ溝を形成する（不図示）。従って、ラック軸 10 の中心とは、丸棒の中心又はネジ溝の中心をいう。

【0026】

2 つの軸 22 は、転動面 10b に対して平行にかつラック軸線に垂直に配置され、軸受 22a を介して円筒ローラ 23 を回転自在に支承している。2 つの円筒ローラ 23 を軸線方向に二分する等分線 L（円筒ローラ 23 の転動面 10b に対する押圧力の方向に一致）同士が交差する位置 K は、ラック軸 10 の中心 O よりラック歯 10a 側に、Δだけオフセットするように配置されている。等分線 L は、ここでは互いに直交している。円筒ローラ 23 の両端は、転動面 10b、10b に対するエッジロードを緩和すべくクラウニング加工が施されていると好ましい。2 つの円筒ローラ 23 が、ラック軸 10 を、出力軸 3 に向かうように二方向から押圧する押圧手段を構成する。

【0027】

本実施の形態の動作を説明すると、不図示のステアリングホイールに操舵力が入力されたとき、かかる操舵力は、不図示のステアリングシャフトを介して、出力軸 3 に伝達され、互いに噛合するピニオン歯 3a とラック歯 10a を介して出力軸 3 の回転力がラック軸 10 の長手方向推力に変換され、かかる長手方向推力によりラック軸 10 が紙面垂直方向に移動するので、それにより不図示の車輪が転舵されることとなる。このとき、円筒ローラ 23 は、転動面 10b 上を転動し、低摩擦でラック軸 10 の移動を許容する。

【0028】

ここで、出力軸 3 とラック軸 10 との間で強大な力が伝達されたとき、ラック軸 10 を出力軸 3 より離隔させようとする離隔力が生じる。本実施の形態においては、ラック軸 10 の中心に対して対称位置に配置された一対の円筒ローラ 23 により、この離隔力を適切に支持することができる。一方、出力軸 3 とラック軸 10 との間で強大な力が伝達されると、ラック軸 10 をその中心周りに回転させようとする回転力が生じる。かかる回転力は、ラック軸 10 の軸線が、ピニオン 3 の軸線に対して 90 度以外の角度で交差していると、特に大きくなる。本実施の形態においては、ラック軸 10 の中心に対して対称位置に配置された一対の円筒ローラ 23 により、この回転力を支持することができる。尚、2 つの円筒ローラ 23 の等分線 L が直角に交差しているので、一方の転動面 10b を押圧する力は、他方の転動面 10b と円筒ローラ 23 との間の押圧力に影響を与えないという利点もある。

【0029】

更に、本実施の形態においては、2 つの円筒ローラ 23 の等分線 L 同士が交差する位置 K が、ラック軸 10 の中心 O よりラック歯 10a 側に、Δだけオフセットするように配置されているので、それらの合力は、ラック軸 10 を出力軸 3 に向かう方向に押圧するため、ラック軸 10 と出力軸 3 との係合を安定して行わせることが可能となる。

【0030】

10

20

30

40

本実施の形態において、本体 21 は、ロック部材 26 とネジ部材 24 とを緩めて皿パネ 25 と共に取り外すことで、図 1 (b) に示すように、円筒ローラ 23 と一体的に、中空柱部 1c の左方端から取り外すことができるため、組み立てやメンテナンスの際の分解が容易である。

【0031】

図 2 は、ラックアシスタタイプの電動式パワーステアリング装置に適用した第 2 の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の断面図である。図 2 において、ハウジング 101 は、不図示のボルトを用いて固定される本体 101a と蓋部材 101b とからなる。ハウジング 101 内を、入力軸 102 および出力軸 103 が延在している。入力軸 102 は中空であって、入力軸 102 の図に示す上端は、図示しないステアリングシャフトに連結されるようになっており、更にステアリングシャフトは図示しないステアリングホイールに連結されるようになっている。入力軸 102 は、軸受 104 によりハウジング 101 に対して回転自在に支持されている。図に示す上端を入力軸 102 にピン結合させ、下端を出力軸 103 にセレーション結合させたトーションバー 105 が、入力軸 102 内を延在している。

【0032】

入力軸 102 の図に示す下方周囲において、受けたトルクに比例してトーションバー 105 がねじれることに基づき、操舵トルクを検出するトルクセンサ 106 が設けられている（一部のみ図示）。このトルクセンサ 106 は、トーションバー 105 のねじれに基づく入力軸 102 と出力軸 103 との相対角度変位を、機械的（電磁的でもよい）に検出し、電気信号として不図示の制御回路へ出力するものである。

【0033】

出力軸 103 は、軸受 115、116 により、ハウジング 101 に対して回転自在に支持されており、その中央部にピニオン歯 103a を形成してなる、ピニオン歯 103a は、紙面に対し垂直方向に延在するラック軸 110 のラック歯 110a に噛合している。ラック軸 110 の両端には、不図示の車輪転舵装置に連結されている。

【0034】

ハウジング 101 は、ラック軸 110 の周囲から図で左方に延在する中空柱部 101c を形成している。中空柱部 101c 内には、支持装置 120 が配置されている。支持装置 120 は、略円筒状の本体 121 と、本体 121 の袋穴内に取り付けられた 2 本の軸 122 と、各軸 122 に対して取り付けられた転動体である円筒ローラ 123 と、本体 121 を中空柱部 101c に取り付けるためのネジ部材 124 と、ネジ部材 124 と本体 121 との間に配置され、本体 121 をラック軸 110 側に付勢するための皿パネ 125 と、ネジ部材 124 のロック部材 126 とからなる。ネジ部材 124 のねじ込み量を調整することで、皿パネ 125 の圧縮量を変化し、ラック軸 110 の押圧力を調整することができる。調整後には、ロック部材 126 でネジ部材 124 をロック固定しその緩み止めを図ることができる。ラック軸 110 のラック歯 110a と反対側の面（背面という）は、その断面において、図 2 で左上部及び左下部が切り欠かれた形状となっており、ここに、それぞれ長手方向に延在する 2 つの転動面（すなわち長手方向に延在する支持装置案内面）110b、110b が形成され、その間に隆起部 110c が形成されている。転動面 110b、110b は、ラック軸 110 の断面でその中心に対して対称に配置されている。ラック軸 110 の軸線は、ピニオン 103 の軸線に対して 90 度以外の角度で交差している。

【0035】

2 つの軸 122 は、転動面 110b に対して平行かつラック軸線に垂直に配置され、軸受 122a を介して円筒ローラ 123 を回転自在に支承している。2 つの円筒ローラ 123 の等分線（不図示）が直角に交差する位置は、第 1 の実施形態と同様にオフセットしている。円筒ローラ 123 の両端は、転動面 110b に対するエッジローラを緩和すべくクラウニング加工が施されていると好ましい。2 つの円筒ローラ 123 が、ラック軸 110 を、出力軸 103 に向かうように二方向から押圧する押圧手段を構成する。

【0036】

10

20

30

40

本実施の形態の動作を説明する。不図示のステアリングホイールに操舵力が入力されたとき、トルクセンサ 106 は、トーションバー 105 のネジレ量から操舵トルクを検出し、それに応じて不図示の電動モータから補助操舵力が出力されることとなる。ここで、出力軸 103 に操舵力が伝達されたとき、互いに噛合するピニオン歯 103a とラック歯 110a を介して出力軸 103 の回転力がラック軸 110 の長手方向推力に変換され、かかる長手方向推力によりラック軸 110 が紙面垂直方向に移動するので、それにより不図示の車輪が回転されることとなる。このとき、円筒ローラ 123 は、転動面 110b 上を転動し、低摩擦でラック軸 110 の移動を許容する。

【0037】

上述した実施の形態と同様に、出力軸 103 とラック軸 110 との間で強大な力が伝達されたとき、ラック軸 110 を出力軸 103 より離隔させようとする離隔力が生じる。本実施の形態においては、ラック軸 110 の中心に対して対称位置に配置された一対の円筒ローラ 123 により、この離隔力を適切に支持することができる。一方、出力軸 103 とラック軸 110 との間で強大な力が伝達されると、ラック軸 110 をその中心周りに回転させようとする回転力が生じる。かかる回転力は、ラック軸 110 の軸線が、ピニオン 103 の軸線に対して 90 度以外の角度で交差していると、特に大きくなる。本実施の形態においては、ラック軸 110 の中心に対して対称位置に配置された一対の円筒ローラ 123 により、この回転力を支持することができる。尚、2 つの円筒ローラ 123 の等分線 L が直角に交差しているので、一方の転動面 110b を押圧する力は、他方の転動面 110b と円筒ローラ 123 との間の押圧力に影響を与えないという利点もある。更に、本実施の形態においても、2 つの円筒ローラ 123 の等分線同士が交差する位置、ラック軸 110 の中心よりラック歯 110a 側にオフセットするように配置されているので、ラック軸の回転を阻止し円滑な噛合い状態を維持することが出来、かつそれらの合力は、ラック軸 110 を出力軸 103 に向かう方向に押圧するため、ラック軸 110 と出力軸 103 との係合を安定して行わせることが可能となる。

【0038】

ところで、上述した実施の形態においては、円筒ローラ 23、123 と転動面 10b、110b の押圧力の調整は、ネジ部材 24、124 をハウジング 1、101 に対して締め込む、或いは緩めることで、皿バネ 25、125 の弾性変形量を変更することにより行うことができ、皿バネ 25、125 の弾性変形量に基づく弾性力で、本体 21、121 が軸 22、122 を押圧し、それにより円筒ローラ 23、123 が転動面 10b、110b に対して押しつけられるようになっている。

【0039】

図 4 は、第 3 の実施の形態にかかるラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置の部分省略断面図である。図 4 において、ハウジング 201 と一体形成されるラックハウジング 201A の右端には、間座部材 201B を介して、蓋部材 201C がボルト 201D により取り付けられている。ラックハウジング 201A は、図示しない車体に固定されている。ラックハウジング 201A 内にラック軸 210 が挿通され、ラック軸 210 はその両端において、タイロッド 208、209 に連結されている。タイロッド 208、209 は、図示しない車輪回転装置に連結されている。

【0040】

ラック軸 210 の図 4 で右端近傍において、その外周には螺旋状の外ネジ溝 210d が形成されており、その周囲に、円筒状のボールスクリーナット 230 が配置され、間座部材 201B に対して軸受 232 により回転自在に支持され、且つ蓋部材 201C に対して軸受 233、234 により回転自在に支持されている。ボールスクリーナット 230 の内周には、螺旋状の内ネジ溝 230a が形成されている。外ネジ溝 210d と内ネジ溝 230a とで転動路を形成し、かかる転動路内には、多数のボール 231 (一部のみ図示) が収容されている。

【0041】

ボール 231 は、ボールスクリーナット 230 とラック軸 210 が相対回転する際に生

10

20

30

40

50

じる摩擦力を軽減する機能を有する。なお、ボールスクリューナット 231 は不図示の循環路を有しており、ボールスクリューナット 230 の回転時に、かかる循環路を介してボール 231 は循環可能となっている。

【0042】

ボールスクリューナット 230 の外周面と、ラックハウジング 201 A に取り付けられた電動モータ 235 の回転軸 235 a の外周面とに、それぞれ転接するローラ 236 を介して、電動モータ 235 から出力される回転トルクは、いわゆるトラクションドライブ方式によりボールスクリューナット 230 に伝達されるようになっている。尚、トラクションドライブ方式でなくギヤ伝達方式により回転トルクの伝達を行っても良い。ボールスクリューナット 230 がナットを構成し、ボールスクリューナット 230 と、外ネジ 210 d を備えたラック軸 210 とで変換部材を構成する。

【0043】

図 5 は、図 4 の構成を入力軸 202 の軸線方向に切断して示す断面図である。図 5 において、ハウジング 201 内を、入力軸 202 および出力軸 203 が延在している。入力軸 202 は中空であって、入力軸 202 の図に示す上端は、図示しないステアリングシャフトに連結されるようになっており、更にステアリングシャフトは図示しないステアリングホイールに連結されるようになっている。入力軸 202 は、軸受 204 によりハウジング 201 に対して回転自在に支持されている。図に示す上端を入力軸 202 にピン結合させ、下端を出力軸 203 にセレーション結合させたトーションバー 205 が、入力軸 202 内を延在している。

【0044】

入力軸 202 の図に示す下方周囲において、受けたトルクに比例してトーションバー 205 がねじれることに基づき、操舵トルクを検出するトルクセンサ 206 が設けられている（一部のみ図示）。かかるトルクセンサ 206 は、上述した実施の形態のトルクセンサと同様のものであるので、詳細な説明は省略する。

【0045】

出力軸 203 は、軸受 215、216 により、ハウジング 201 に対して回転自在に支持されており、その中央部にピニオン歯 203 a を形成してなる、ピニオン歯 203 a は、紙面に対し垂直方向に延在するラック軸 210 のラック歯 210 a に嚙合している。ラック軸 210 の両端には、図 4 に示すごとく、タイロッド 208、209 を介して不図示の車輪転舵装置に連結されている。

【0046】

ハウジング 201 は、図におけるその下方部において、ラック軸 210 の周囲から図で左下方に延在する中空柱部 201 c と、左上方に延在する中空柱部 201 e を形成している。中空柱部 201 c、201 e 内には、同様の構成である支持装置 220、220 が配置されている。各支持装置 220 は、略円筒状の本体 221 と、本体 221 の袋穴内に取り付けられた軸 222 と、軸 222 に対して取り付けられた転動体である円筒ローラ 223 と、本体 221 を中空柱部 201 c 又は 201 e に取り付けするためのネジ部材 224 と、ネジ部材 224 と本体 221 との間に配置され、本体 221 をラック軸 210 側に付勢するための皿バネ 225 と、ネジ部材 224 のロック部材 226 とからなる。ネジ部材 224 のねじ込み量を調整することで、皿バネ 225 の圧縮量が増減し、ラック軸 210 に対する押圧力 F1、F2（それらの上下方向成分が釣り合うように、ラック軸 210 が図で上下に変位するので押圧力 F1、F2 は互いに等しくなる）を調整することができる。調整後には、ロック部材 226 でネジ部材 224 をロック固定しその緩み止めを図ることができる。

【0047】

ラック軸 210 のラック歯 210 a と反対側の面（背面）は、その断面において、図 4 で左上部及び左下部が切り欠かれた形状となっており、ここに、それぞれ長手方向に延在する 2 つの転動面（すなわち長手方向に延在する支持装置案内面）210 b、210 b が形成され、その間に隆起部 210 c が形成されている。転動面 210 b、210 b は、ラッ

ク軸 210 の断面でその二等分線（図では水平線）に対して対称に配置されている。ラック軸 210 の軸線は、ピニオン 203 の軸線に対して 90 度以外の角度で交差している。

【0048】

各支持装置 220 の軸 222 は、ラック軸線に垂直でかつ対向する転動面 210b に対して平行に配置され、軸受 222a を介して円筒ローラ 223 を回転自在に支承している。2 つの円筒ローラ 223 の等分線（押圧力 F1、F2 の方向に一致）が直角に交差する位置は、上述した実施形態と同様にオフセットしている。円筒ローラ 223 の両端は、転動面 210b に対するエッジロードを緩和すべくクラウニング加工が施されていると好ましい。2 つの円筒ローラ 223 が、ラック軸 210 を、出力軸 203 に向かうように二方向から押圧する押圧手段を構成する。

【0049】

本実施の形態によれば、2 つの円筒ローラ 223 の転動面 210b に対する押圧力 F1、F2 の調整は、ネジ部材 224 をハウジング 201 に対して締め込む、或いは緩めることにより、皿パネ 225 の弾性変形量を変更して行うことができる。かかる場合、皿パネ 225 の弾性力の方向と、押圧力 F1、F2 の方向とが一致するので、かかる弾性力を全て（摩擦損失分除く）押圧力 F1、F2 として利用できるため、支持装置 220 の構成が小型化され、軽量化を図れる。又、ラック軸 210 は、3 方向より支持されるため、十分な支持剛性が確保され、従来技術において通常用いられるブッシュのごとき部材を省略でき、スペースの有効活用を図れる。

【0050】

図 6 は、第 4 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。本実施の形態は、図 5 に示す実施の形態に対して、支持装置の構成のみがわずかに異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0051】

本実施の形態において、図 6 で下方の支持装置 220 は、図 5 の実施の形態にかかるものと同じであるが、上方の支持装置 220' は、皿パネを省略しているため、従ってネジ部材 224 が本体 221 を直接押圧している点のみが異なっている。本実施の形態によれば、2 つの円筒ローラ 223 の転動面 210b に対する押圧力 F1、F2 の調整は、図 5 の実施の形態と同様に、ネジ部材 224 をハウジング 201 に対して締め込む、或いは緩めることにより行うが、例えば振動などにより、上方の支持装置 220' のネジ部材 224 と本体 221 との当接部等に摩擦が生じた場合には、下方の支持装置 220 の皿パネ 225 の付勢力により、ラック軸 210 が図で上方に押し上げられ、それにより上方の支持装置 220' のネジ部材 224 と本体 221 との面圧がほぼ維持されるようになっているので、押圧力 F1、F2 は偏ることなく、長期間安定したラック軸 210 の支持を行えるようになっている。

【0052】

図 7 は、第 5 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。本実施の形態も、図 5 に示す実施の形態に対して、支持装置の構成のみが異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0053】

本実施の形態において、図 7 で下方の支持装置 220 は、図 5 の実施の形態にかかるものと同じであるが、上方の支持装置 320 は、押圧力を独立的に調整する機構を省略している。より具体的には、支持装置 320 は、中空柱部 201e 内に、スナップリング 326 で固定された略円筒状の本体 321 と、本体 321 の袋穴内に取り付けられた軸 222 と、軸 222 に対して軸上 222a により回転自在に支持された転動体である円筒ローラ 223 とからなる。尚、本体 321 と中空柱部 201e との間は、オーリング 327 により密封されている。

【0054】

本実施の形態においては、2 つの円筒ローラ 223 の転動面 210b に対する押圧力 F1、F2 の調整は、下方の支持装置 220 のネジ部材 224 をハウジング 201 に対して締

10

20

30

40

50

め込む、或いは緩めることにより、皿バネ 225 の弾性変形量を変更して行うことができる。かかる場合、ラック軸 210 が図で上下に変位することで、押圧力 F_1 、 F_2 が等しくなる。

【0055】

図 3 は、第 6 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。本実施の形態も、図 5 に示す実施の形態に対して、支持装置の構成のみが異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0056】

本実施の形態において、図 8 で下方の支持装置 220 は、図 5 の実施の形態にかかるものと同じであるが、上方の支持装置 420 は、円筒ローラ 223 を固定した構成となっている。より具体的には、支持装置 420 は、中空柱部 201e 内に形成された孔 201f 内に挿通された軸 222 と、軸 222 に対して軸受 222a により回転自在に支持された回転体である円筒ローラ 223 とからなる。尚、中空柱部 201e の外方端は、カバー部材 426 により密封されている。

【0057】

本実施の形態においても、2 つの円筒ローラ 223 の回転面 210b に対する押圧力 F_1 、 F_2 の調整は、下方の支持装置 220 のネジ部材 224 をハウジング 201 に対して締め込む、或いは緩めることにより、皿バネ 225 の弾性変形量を変更して行うことができる。かかる場合、ラック軸 210 が図で上下に変位することで、押圧力 F_1 、 F_2 が等しくなる。又、例えば振動などにより、各部の摩耗が生じた場合には、下方の支持装置 220 の皿バネ 225 の付勢力により、ラック軸 210 が上方に押し上げられるため、押圧力 F_1 、 F_2 は偏ることなく、長期間安定したラック軸 210 の支持を行えるようになっていく。

【0058】

ところで、円筒ローラ 223 の回転を円滑に行わせるためには、円筒ローラ 223 の回転軸を、回転方向に対して精度良く直交させる必要がある。ここで、中空柱部 201c、201e と、それに嵌合する本体 221、321 とは、共に円筒状であるから、円筒ローラ 223 の回転軸を位置決めするには、本体 221 の回り止めが必要となる。しかるに、回り止めを達成するには、円筒ローラ 223 を収納する中空柱部 201c、201e に非円形内孔を形成することが考えられるが、手間がかかりコスト増を招く。そこで、以下の実施の形態では、後述のごとく本体 221 (説明は省略するが同様に本体 321 も可能) の回り止めを達成している。

【0059】

図 9 (a) は、第 7 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 4 と同様な方向から見た部分断面図であり、図 9 (b) は、図 9 (a) の構成を I X B - I X B 線で切断して矢印方向に見た図であり、図 9 (c) は、図 9 (b) の構成を I X C - I X C 線で切断して矢印方向に見た図であり、図 9 (d) は、図 9 (b) の構成を I X D - I X D 線で切断して矢印方向に見た図である。図 9 に示す実施の形態は、図 7 に示す実施の形態に適用したものであるため、図 7 及び図 9 を参照して、本実施の形態を説明する。

【0060】

第 7 の実施の形態においては、2 つの円筒ローラ 223 にキャスター角が付いている。より具体的には、図 9 (a) で上方の支持装置 320 の円筒ローラ 223 を支持する本体 321 の軸線は、図 9 (c) に示すように、ラック軸 210 の回転面 210b に直交する方向に対して角度 θ だけ、図 9 (a) で見て右側に傾いている。従って、本体 321 が円筒ローラ 223 を押圧する力は、円筒ローラの中心中央 P1 を通り、円筒ローラ 223 と回転面 210b との接点中央 P2 に対してズレた位置で、回転面 210b に交差する。このズレを利用し、回転面 210b 上を円筒ローラ 223 が回転する際に、回転方向に対して円筒ローラ 223 の軸線が直交するように、円筒ローラ 223 の姿勢を自律的に調整することができるので、複雑な加工や別な部品を設けることなく本体 321 の回り止めを達成できる。

10

20

30

40

50

【0061】

同様に、図9(a)で下方の支持装置220の円筒ローラ223を支持する本体221の軸線は、図9(d)に示すように、ラック軸210の転動面210bに直交する方向に対して角度 θ だけ、図9(a)で見て左側に傾いている。従って、本体221が円筒ローラ223を押圧する力は、円筒ローラの中心中央P3を通り、円筒ローラ223と転動面210bとの接点中央P4に対してズレた位置で、転動面210bに交差する。このズレを利用し、転動面210b上を円筒ローラ223が転動する際に、転動方向に対して円筒ローラ223の軸線が直交するように、円筒ローラ223の姿勢を自律的に調整することができるので、複雑な加工や別な部品を設けることなく本体221の回り止めを達成できる。尚、本実施の形態では、ピニオン歯203a(図7)とラック歯210aの啮合中心点P5(図9(a))と、点P1~P4とが同一平面上になるように各部品を配置してなる。

10

【0062】

図10(a)は、第8の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図4と同様な方向から見た部分断面図であり、図10(b)は、図10(a)の構成をXB-XB線で切断して矢印方向に見た図であり、図10(c)は、図10(b)の構成をXC-XC線で切断して矢印方向に見た図であり、図10(d)は、図10(b)の構成をXD-XD線で切断して矢印方向に見た図である。図10に示す実施の形態も、図7に示す実施の形態に適用したものであるため、図7及び図10を参照して、本実施の形態を説明する。

20

【0063】

第8の実施の形態においても、2つの円筒ローラ223にキャスター角が付いている。より具体的には、図10(a)で上方の支持装置320の円筒ローラ223を支持する本体321の軸線は、図10(c)に示すように、ラック軸210の転動面210bに直交する方向に対して角度 θ だけ、図10(a)で見て右側に傾いている。従って、本体321が円筒ローラ223を押圧する力は、円筒ローラの中心中央P1を通り、円筒ローラ223と転動面210bとの接点中央P2に対してズレた位置で、転動面210bに交差する。このズレを利用し、転動面210b上を円筒ローラ223が転動する際に、転動方向に対して円筒ローラ223の軸線が直交するように、円筒ローラ223の姿勢を自律的に調整することができるので、複雑な加工や別な部品を設けることなく本体321の回り止めを達成できる。

30

【0064】

同様に、図10(a)で下方の支持装置220の円筒ローラ223を支持する本体221の軸線は、図10(d)に示すように、ラック軸210の転動面210bに直交する方向に対して角度 θ だけ、図10(a)で見て左側に傾いている。従って、本体221が円筒ローラ223を押圧する力は、円筒ローラの中心中央P3を通り、円筒ローラ223と転動面210bとの接点中央P4に対してズレた位置で、転動面210bに交差する。このズレを利用し、転動面210b上を円筒ローラ223が転動する際に、転動方向に対して円筒ローラ223の軸線が直交するように、円筒ローラ223の姿勢を自律的に調整することができるので、複雑な加工や別な部品を設けることなく本体221の回り止めを達成できる。尚、本実施の形態では、ピニオン歯203a(図7)とラック歯210aの啮合中心点P5(図10(a))に対して、点P1、P1及び点P3、P4は、互いに反対方向にそれぞれ距離 Δ だけシフトして各部品を配置してなる。

40

【0065】

図11は、ラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置に適用した第9の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の図9(a)と同様な図であり、図12は、かかる実施の形態の図1と同様な断面図である。図11において、ハウジング501内を、一部のみ図示する出力軸503が、図11で上下方向に延在し、軸受516により回転自在に支持されている。

【0066】

出力軸503は、その中央部にピニオン歯503aを形成してなる、ピニオン歯503a

50

は、紙面に対し垂直方向に延在するラック軸 510 のラック歯 610a に噛合している。ラック軸 510 の両端には、不図示の車輪転舵装置に連結されている。

【0067】

ハウジング 501 は、ラック軸 510 の周囲から図 12 で左方に延在する中空柱部 501c を形成している。中空柱部 501c 内には、支持装置 520 が配置されている。支持装置 520 は、略円板状の本体 521 と、ハウジング 501 に対してピン 528 により、一端を揺動自在に支持された 2 本の軸部材である揺動軸 522 と、各揺動軸 522 に対して軸受 522a により回転自在に支持されたり転動体である円筒ローラ 523 と、本体 521 を中空柱部 501c に取り付けするためのネジ部材 524 と、ネジ部材 524 と本体 521 との間に配置され、本体 521 をラック軸 510 側に付勢するための弾性部材としての皿バネ 525 と、ネジ部材 524 のロック部材 526 とからなる。

【0068】

2 本の揺動軸 522 は、組み付けた状態で、転動面 510b に対して平行に配置されるようになっていると好ましい。このとき、2 つの円筒ローラ 523 の等分線（不図示）が直角に交差する位置は、第 1 の実施形態と同様にオフセットしている。円筒ローラ 523 の両端は、転動面 510b に対するエッジロードを緩和すべくクラウン加工が施されていると好ましい。2 つの円筒ローラ 523 が、ラック軸 510 を、出力軸 503 に向かうように二方向から押圧する押圧手段を構成する。

【0069】

本実施の形態においては、揺動軸 522 の他端となる自由側端部 522b は、球面形状となっており、本体 521 の押圧部としての載頭円錐面 521a に当接している。尚、揺動軸 522 は、中空柱部 501c の開口端（ネジ部材 524 が螺合的に取り付けられる部分）から、内部に挿入され取り付けられるようになっている。本体 521、皿バネ 525、ネジ部材 524 で付勢手段を構成する。

【0070】

本実施の形態においては、2 つの円筒ローラ 523 と転動面（支持装置案内面）510b の押圧力 F1、F2（図 12 では反力で示す）の調整は、単一である支持装置 520 のネジ部材 524 をハウジング 501 に対して締め込む、緩めることができる。かかる場合、皿バネ 525 の弾性変形量を変更して行うことができる。かかる場合、皿バネ 525 の付勢力に基づいて、本体 521 が図 12 で右方（転動面 510b の法線方向のなす角を 2 等分した方向に略等しい）に移動し、載頭円錐面 521a が揺動軸 522 の自由側端部 522b を押圧する。それにより、2 本の揺動軸 522 は、ピン 528 の中心周りに互いに反対方向に揺動し、2 つの円筒ローラ 523 と転動面 510b の押圧力 F1、F2 を均等に且つ適切に調整することができる。又、例えば振動などにより、各部の摩耗が生じた場合にも、支持装置 520 の皿バネ 525 の付勢力により、2 本の揺動軸 522 は同時に揺動し、押圧力 F1、F2 は偏ることなく、長期間安定したラック軸 510 の支持を行えるようになっている。尚、自由端 522b は球面状となっており、又、載頭円錐面 521a における自由側端部 522b との接線は、揺動軸 522 の軸線とほぼ平行であるため、揺動軸 522 が揺動しても、それにより生ずる不要な（すなわち円筒ローラ 523 の押圧に寄与しない）分力はわずかであり、更に載頭円錐面 521a にエッジロードが加わることもない。

【0071】

本実施の形態によれば、図 11 に示すように、図 1、2 の構成と同程度に、支持装置 520 の構成を小型化でき、又、単一のネジ部材 524 の螺動だけで押圧力の調整を行えるという利点がある。以上の実施の形態において、本体 221、521 が保持部材を構成する。

【0072】

図 13 は、第 1 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 2 と同様な断面図である。本実施の形態は、図 2 に示す実施の形態に対して、主としてラック軸の構成が特徴的に異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。尚、図 13 においては、不図示の制御装置により制御駆動されるモータの回転軸 21

10

20

30

40

50

に形成されたウォーム 22 が、出力軸 103 の上端近傍に取り付けられたウォームホイール 23 に噛合しており、モータの補助動力をウォーム 22、ウォームホイール 23 を介して出力軸 103 に伝達するようになっている。

【0073】

ところで、図 2 の実施の形態においては、支持装置 120 の転動体である一対の円筒ローラ 123 は、それぞれ軸 122 に対して、ニードル軸受 122a により回転自在に支持されているが、その軸線方向には軸 122 に対して拘束されていない。従って、軸線方向荷重がラック軸 110 から円筒ローラ 123 に入力された場合、円筒ローラ 123 が支持装置 120 の本体 121 に当接して、以下に述べる問題を引き起こす恐れがある。

【0074】

特に、図 2 に示すように、ラック軸 110 の円筒ローラ 123、123 の転動面 110b、110b は、お互いに所定角度（図では 90 度）を成して配置されており、円筒ローラ 123、123 の回転軸は、ラック軸 110 の軸線に垂直で且つ転動面 110b、110b に平行とされている。更に、2 つの回転軸の二等分線方向に向かって付勢部材であるネジ部材 124 で押圧する事により、2 個の円筒ローラ 123、123 を転動面 110b、110b に押圧させている。

【0075】

すなわち、ネジ部材 124 の押圧方向と、円筒ローラ 123、123 の転動面 110b、110b への押圧方向とは一致していないので、円筒ローラ 123、123 の端面が、ネジ部材 124 に当接した場合、円筒ローラ 123 とラック軸 110 との摩擦状態によって、転動面 110b、110b に作用する押圧力に応じた軸線方向摩擦力が生じ、円筒ローラ 123、123 の端面がその軸線方向摩擦力より、本体 121 に対して強く押しつけられ摩擦撓動する事になり、円筒ローラ 123、123 の円滑な回転が阻害され、ラック軸 110 の作動抵抗が大きくなり、また、円筒ローラ 123、123 の端面が磨耗したり異音を招く恐れがある。

【0076】

そこで、図 13 に示す実施の形態においては、図 1 の実施の形態に対し、ラック軸 610 の隆起部 610c の幅を広げ、両側面 610d、610d の付け根を位置規制部として、円筒ローラ 123、123 の端面に当接させる構成となっている（矢印 A）。このように、円筒ローラ 123、123 の軸線方向の移動規制を、ラック軸 610 に設けた移動規制部（側面 610d、610d の付け根）に、円筒ローラ 123、123 の端面を当接させることにより行ない、円筒ローラ 123、123 と本体 121 との間に間隙を形成し、それによりローラ端面の摩擦撓動を生じさせない様になっている。

【0077】

尚、ラック軸 610 の転動面 610b、610b と円筒ローラ 123、123 との接触半径と、円筒ローラ 123、123 と、側面 610d、610d との接触半径とは若干異なるので、円筒ローラ 123、123 と移動規制部（側面 610d、610d の付け根）とは若干の速度差が生じ滑りを伴うことになるが、ローラ端面全体を撓動接触させる場合に比べれば、滑り損失は低減され、ラック軸 610 の撓動抵抗を低減させることが出来る。

【0078】

図 14 は、第 11 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 12 と同様な断面図である。本実施の形態は、図 12 に示す実施の形態に対して、主としてラック軸の構成が異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0079】

図 14 に示す実施の形態においては、図 12 の実施の形態に対し、ラック軸 610 の隆起部 610c の幅を広げ、両側面 610d、610d を位置規制部として、円筒ローラ 123、123 の端面に当接させる構成となっている（矢印 B）。このように、円筒ローラ 123、123 の軸線方向の移動規制を、ラック軸 610 に設けた移動規制部 610d、610d に、円筒ローラ 123、123 の端面を当接させることにより行ない、円筒ローラ 123、123 と本体 121 との間に間隙を形成し、それによりローラ端面の摩擦撓動を生じさせ

10

20

30

40

50

せない様にしている。

【0080】

図15は、第12の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図13と同様な断面図である。本実施の形態は、図13に示す実施の形態に対して、主として円筒ローラの構成が特徴的に異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。

【0081】

上述したように、図1の実施の形態においては、ラック軸110の円筒ローラ123、123の転動面110b、110bは、お互いに所定角度（図では90度）を成して配置されており、円筒ローラ123の回転軸は、ラック軸110の軸線に垂直且つ転動面110b、110bに平行とされている。更に、2つの回転軸の二等分線方向に向かって付勢部材であるネジ部材124で押圧する事により、2個の円筒ローラ123、123を転動面110b、110bに押圧させている。すなわち、ネジ部材124の押圧方向と、円筒ローラ123、123の転動面110b、110bへの押圧方向とは一致していない。

【0082】

ラック軸110とピニオン103aの噛合い動力伝達によって生じるピニオン103aからラック軸110を引き離そうとする離間力は、それぞれの円筒ローラ123からラック軸110の転動面110b、110bに作用する押圧力の合力で支持しているので、ニードル軸受122aが負荷する荷重は、円筒ローラ123、123の押圧力作用方向と離間力との成す角を α とすれば、押圧力に対し $1/\sin\alpha$ 倍（本例のごとく $\alpha=45$ 度の場合、 $\sqrt{2}$ 倍）と大きくなってしまふ。

【0083】

また、円筒ローラ123、123の回転軸が、離間力の方向に対して傾いているので、ハウジング101に設けた取り付け孔に挿入されて円筒ローラ123、123を支持する支持装置120の本体121は、本体121の軸線方向から見て、円筒ローラ123、123の外接円より大径で無ければ成り立たないので、ラック支持部をコンパクトにする為には、円筒ローラ123、123は軸方向にも径方向にも小さくしなければならず、大型で大容量のニードルベアリング122aが採用出来ないということがある。しるかに、構成がコンパクトでないと車両への搭載性が悪くなり、又、本体1が大型で重量が大きいとラック軸への追随性が損なわれ、ラック軸110とピニオン103a又はラック軸110と円筒ローラ123、123との打撃音が発生してしまう恐れがある。

【0084】

更に、円筒ローラ123、123の外径は、出来るだけ小さく設定しなければならないが、円筒ローラ123、123の外径が小径化すると、円筒ローラ123、123の回転速度が高くなり、ニードル軸受122aの荷重大なることと共にその回転寿命が低下し、耐久性が損なわれてしまう恐れがある。

【0085】

これに対し、図15に示す実施の形態によれば、ラック支持部をコンパクトにし、搭載性の改善と軽量化による追随性の向上を図りつつ、ニードル軸受の耐久性を向上させることができる。

【0086】

より具体的には、本実施の形態においては、円筒ローラ723、723の端面に、外縁を削り取るようにして外向きの円錐面723a、723aを形成している。図15の断面で見たときに、円錐面723a、723aの外形状（本体712の軸線から離れた側）は、本体721の外周面と平行となっている。かかる構成によれば、円筒ローラ723、723の外径を大径化させても、本体721の軸線方向から見た時の円筒ローラ723、723の外接円を小さくする事が出来、ニードル軸受122a、122aの総回転数を低減させる事で、耐久寿命を延ばすことが出来る。

【0087】

図16は、第13の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図15と同様

10

20

30

40

50

な断面図である。本実施の形態は、図15に示す実施の形態に対して、主として支持装置の本体の構成が特徴的に異なるので、それ以外の共通する構成は、同一の符号を付して説明を省略する。本実施の形態においては、図15に示す実施の形態と同様な特徴を有するから、外径の大きな定給負荷容量の大きいニードル軸受722a、722aを採用する事が出来、それによりニードル軸受122a、122aの耐久寿命を更に延長することが出来る。

【0088】

ここで、支持装置の組み付け手順について説明する。図1、2における実施の形態においては、円筒ローラ123、123を支持する軸122、122は、その両端部を本体121に支持されているので、本体121の外周側の軸支持部を、本体121を大径化させずに確保するためには、本体121のローラ収納部は、軸122、122と垂直の方向から組み付ける様にしなければならない。

【0089】

より具体的に説明する。まず、単体の本体121において、ローラ収納部121gと、軸孔121hとを、それぞれ鍛造や機械加工で1セット形成する(図17(a))。かかる本体121を図17の矢印XVIIII方向に見た図が、図18である。かかる状態の本体121に対し、ニードル軸受122aを組み込んだ一方の円筒ローラ123を、一方のローラ収納部121gに収納しつつ、軸孔121hに差し込んだ軸122で串刺しにするように嵌合させる(図17(b))。更に、ニードル軸受122aを組み込んだ他方の円筒ローラ123を、他方のローラ収納部121gに収納しつつ、軸孔121hに差し込んだ軸122で串刺しにするように嵌合させる(図17(c))。このようにして本体121のアセンブリが完成する(図17(d))。しかしながら、図18から明らかなように、本体121は、複雑な機械加工を要し、無駄肉が多くて重く、且つ製作コスト高むものとなっている。

【0090】

これに対し、図15、16の実施の形態においては、組み付け状態において、円筒ローラ723、723に円錐面723a、723aを設けることによって、本体721のの軸線方向からローラを組み付けることができる。

【0091】

より具体的に説明する。まず、単体の本体721において、ローラ収納部721gと、軸収容部721hとを、それぞれ1セット形成する(図19(a))。かかる本体721を図19の矢印XX方向に見た図が図20であり、図19の矢印XXI方向に見た図が図21であり、図19の矢印XXII方向に見た図が図22であり、図22の本体をXXIII-XXIII線で切斷して矢印方向に見た図が図23である。

【0092】

かかる状態の本体721に対し、軸122及びニードル軸受122aを組み込んだ円筒ローラ723を2個並行に(別々でも良い)、ローラ収納部721g及び軸収容部721hに収容し、本体721のアセンブリが完成する(図19(c))。従って、本体721(少なくとも軸回転体を支持する部位)、を軸線方向に型成形可能な形状とすることが出来、それ故、機械加工を行うことなく、冷間鍛造、焼結、金属インジェクション成形や樹脂インジェクション成形等の型転写加工によって製造することが可能となるので、無駄肉を除去し軽量化を果たしつつ、大幅なコスト低減ができる。尚、本体121の背面に肉盛り721sを設けると、本体1の軽量化をより図ることができる。

【0093】

以上、実施の形態を参照して本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきでなく、その趣旨を損ねない範囲で適宜変更、改良可能であることはもちろんである。例えば、押圧部の押圧方向は3方向以上でもよい。又、本発明は、可変ストロークレシオタイプの電動式パワーステアリング装置に限らず、一定ストロークレシオタイプの電動式パワーステアリング装置、コラムアシストタイプ、ピニオンアシストタイプ或いはラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置にも好適である。

10

20

30

40

50

【0094】

【発明の効果】

第1の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に啮合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、前記ラック軸の軸線と、前記ピニオンの軸線とは、90度以外の角度で交差しており、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体を有し、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心からシフトしているので、前記転動体により前記ラック軸を低摩擦で支持できると共に、前記ラック軸の外周面に設けられた支持装置案内面を、前記転動体で押圧することで、異なる2方向から前記ラック軸の支持を行うことができ、従って、ラック軸の軸線とピニオンの軸線とが90度以外の角度で交差することにより、動作時に回転トルクが発生するラック軸を支持するのに好適な構成となっている。又、前記転動体から前記支持装置案内面に付与される押圧力の方向をそれぞれ線で示したときに、前記線の交点は、前記ラック軸の中心よりシフト（オフセット）しているので、ラック軸の回転を阻止出来、円滑な噛み合い状態を維持でき、かつ前記押圧力の合力により、安定した状態で前記ラック歯を前記ピニオン歯に対して押圧することができる。

【0095】

第2の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯とネジ部を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に啮合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置と、前記電動モータの回転力を前記ネジ部に螺合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換する変換部材とを有し、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体を備えているので、前記電動モータの回転力を前記ネジ部に螺合したナットを用いて、前記ラック軸の推力に変換するので、動作時に本来的に生じるラック軸の軸線周りの回転トルクを、前記支持装置案内面に異なる方向から当接する前記転動体により受けることができ、よって前記ラック軸の円滑な軸線方向移動を確保しつつ、適切に支持することができる。

【0096】

第3の本発明の電動式パワーステアリング装置は、電動モータにより補助操舵力を出力可能となっている電動式パワーステアリング装置において、ハウジングと、ラック歯を備え、前記ハウジングに対して移動自在となっているラック軸と、前記ラック歯に啮合するピニオン歯を備え、ステアリングホイールからの操舵力をラック軸に伝達するピニオンと、前記ハウジングに設けられ、前記ラック軸を支持する支持装置とを有し、前記ラック軸は、外周面の少なくとも2カ所に長手方向に延在する支持装置案内面を有し、前記支持装置は、前記ラック軸を長手方向に見た場合において、各支持装置案内面を互いに交差する方向に沿って押圧しながら転動する転動体と、一端を前記ハウジングに対して揺動自在に支承され且つ前記転動体を回転自在に支持する軸部材と、前記軸部材の他端を付勢することによって、前記転動体を前記ラック軸の支持装置案内面に向かって押圧するようになっている付勢手段とを有するので、前記付勢手段により、前記他端のみを適切な押圧力で付勢することにより、前記転動体を揺動させながら前記支持装置案内面に対して押圧させることができるため、簡素な構成で円滑な動作を確保できる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

【図 1】第 1 の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の断面図である。

【図 2】第 2 の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の断面図である。

【図 3】従来技術にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の断面図である。

【図 4】第 3 の実施の形態にかかるラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置の部分省略断面図である。

【図 5】図 4 の構成を入力軸 202 の軸線方向に切断して示す断面図である。

【図 6】第 4 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。

【図 7】第 5 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。

【図 8】第 6 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の図 5 と同様な断面図である。

【図 9】第 7 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置を示す図である。

【図 10】第 8 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置を示す図である。

【図 11】ラックアシストタイプの電動式パワーステアリング装置に適用した第 9 の実施の形態にかかるラックアンドピニオン式ステアリング装置の図 9 (a) と同様な図である。

【図 12】第 9 の実施の形態における図 1 と同様な断面図である。

【図 13】第 10 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 2 と同様な断面図である。

【図 14】第 11 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 2 と同様な断面図である。

【図 15】第 12 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 2 と同様な断面図である。

【図 16】第 13 の実施の形態にかかる電動式パワーステアリング装置の、図 2 と同様な断面図である。

【図 17】図 1、2 の実施の形態にかかる本体の組み付け手順を示す図である。

【図 18】図 17 (a) の構成を矢印 X V I I I 方向に見た図である。

【図 19】図 15、16 の実施の形態にかかる本体の組み付け手順を示す図である。

【図 20】図 19 (a) の構成を矢印 X X 方向に見た図である。

【図 21】図 19 (a) の構成を矢印 X X I 方向に見た図である。

【図 22】図 19 (a) の構成を矢印 X X I I 方向に見た図である。

【図 23】図 22 の本体を X X I I I - X X I I I 線で切断して矢印方向に見た図である。

【符号の説明】

1、101、201、501 ハウジング

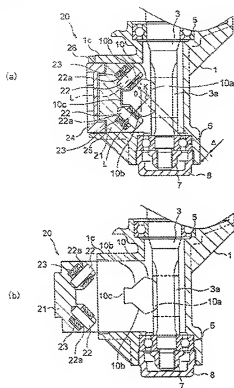
3、103、203、503 出力軸

10、110、210、510、610 ラック軸

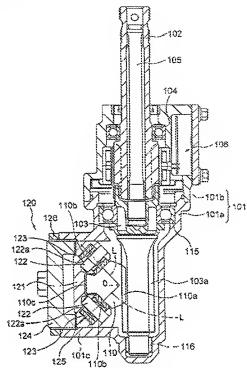
20、120、320、420、520 支持装置

23、123、223、523、723 円筒ローラ

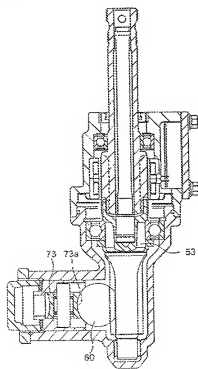
【図 1】



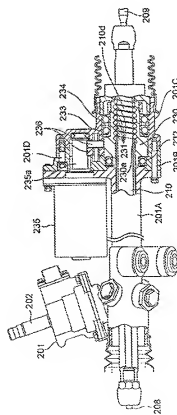
【図 2】



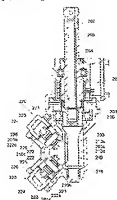
【図 3】



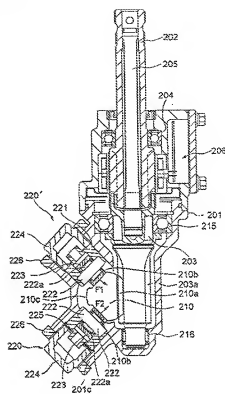
【図 4】



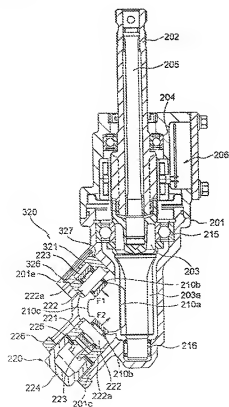
【図 5】



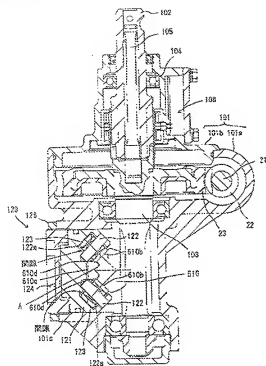
【図 6】



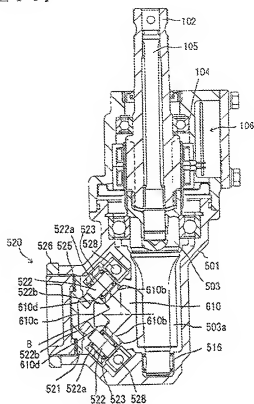
【図 7】



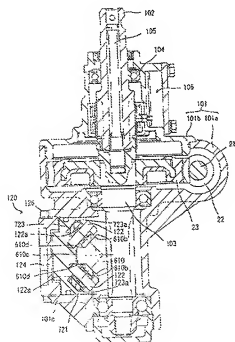
【図 13】



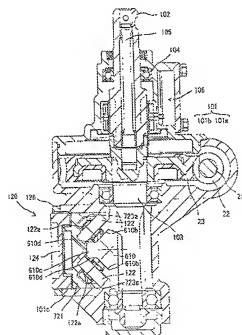
【図 14】



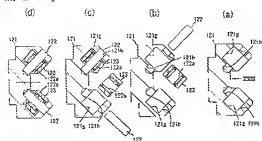
【図 15】



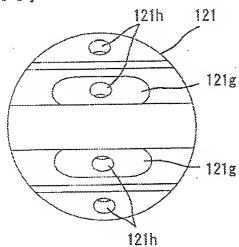
【図 16】



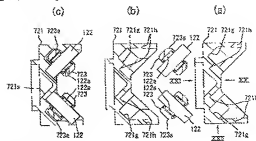
【図 17】



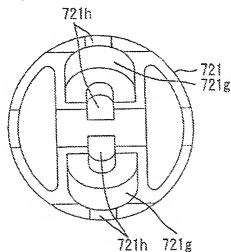
【図 18】



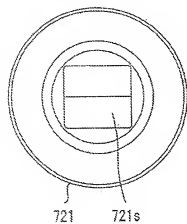
【図 19】



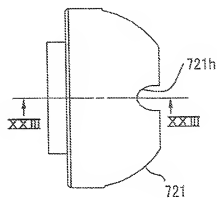
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【図 23】

